

WYZNACZANIE STĘŻENIA ROZTWORU SACHAROZY ZA POMOCĄ POLARYMETRU

Skręcenie płaszczyzny polaryzacji światła

Cel ćwiczenia:

1. Wyznaczenie skręcalności właściwej sacharozy i stężenia roztworu sacharozy.
2. Poznanie budowy, zasady działania i zastosowań polarymetru.
3. Doskonalenie umiejętności odczytu kąta z wykorzystaniem noniusza.
4. Przypomnienie podstawowych wiadomości dotyczących przygotowania roztworów o określonym stężeniu (roztwory procentowe wagowe i objętościowe).

Pytania i zagadnienia do przygotowania:

1. Co to jest światło? Czym różni się światło naturalne od spolaryzowanego?
2. Zjawisko polaryzacji światła, rodzaje i sposoby polaryzacji światła.
3. Budowa i zasada działania nikola.
4. Zjawisko skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła.
5. Od czego zależy kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji światła?
6. Jakie substancje nazywamy optycznie czynnymi?
7. Jak definiuje się skręcalność właściwą?
8. Narysować schemat polarymetru i wyjaśnij jak za jego pomocą wyznacza się stężenie roztworu substancji optycznie czynnej.

Zalecana literatura:

1. J. R. Meyer-Arendt, *Wstęp do optyki*, PWN, Warszawa
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy Fizyki*, tom 4, PWN, Warszawa
3. T. Dryński, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, PWN, Warszawa
4. B. Jaworski, A. Dietlaf, L. Miłkowska, *Kurs fizyki*, t.3, PWN, Warszawa
5. S. Szczeniowski, *Fizyka doświadczalna*, cz. 4, PWN, Warszawa
6. H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna*, PWN, Warszawa
7. *I Pracownia Fizyczna* pod red. Cz. Kajtocha, Wydawnictwo Naukowe AP, Kraków 2007

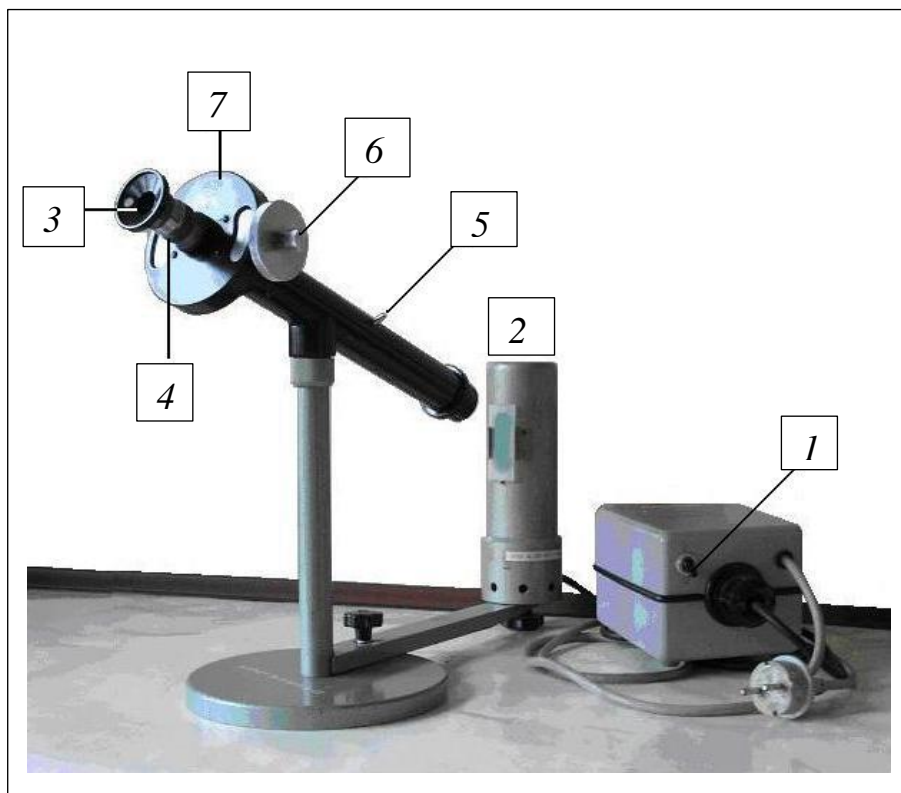
A. Tok postępowania podczas wykonywania ćwiczenia :

1. Włączyć zasilacz **1** lampy sodowej **2** (rys. 1) i odczekać kilka minut aż lampa zacznie świecić intensywnym żółtym światłem.
2. Ustawić ostrość pola widzenia, przesuwając okular **3** za pomocą karbowanej nakrętki **4** (rys. 1) (ostrzy obraz linii rozdzielających pole widzenia na trzy części jak na rys. 2 **a** lub **b**).
3. Napełnić rurkę porcelanową wodą destylowaną, aby powstał menisk wypukły. Nasunąć szkiełko przykrywające tak, aby nie pojawiły się pęcherzyki powietrza. Zakręcić ostrożnie nakrętkę, unikając silnego nacisku. Zbyt duży nacisk wywołuje naprężenia w szkiełku, które powodują błędy w pomiarze.
4. Osuszoną z zewnątrz rurkę włożyć do komory polarymetru **5** (rys. 1). Obracać analizatorem za pomocą pokrętki **6** (rys. 1) do momentu, przy którym trzy pola widzenia w okularze **nie są jednakowo rozjaśnione *** (rys. 2c), lecz **jednakowo zaciemnione** (rys. 2d). W tym położeniu minimalny ruch pokrętki w jedną lub drugą stronę powoduje pojawienie się jasnego lub ciemnego paska, dzielącego pole widzenia na trzy części (rys. 2 a lub b). Kąt skręcenia analizatora odczytać ze skali na kole **7** (rys. 1) . Punkt zerowy skali powinien wówczas pokrywać się z zerem noniusza. Jeżeli tak nie jest, odczytać wartość φ_o , którą odejmujemy od wszystkich odczytów przy pomiarach roztworów badanej substancji.
5. Napełnić rurkę porcelanową badanym roztworem (wykonanie roztworu część B Instrukcji). Po osuszeniu i umieszczeniu rurki w polarymetrze ponownie znaleźć położenie, przy którym trzy pola widzenia w okularze będą jednakowo ciemne. Odczytać na skali kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji φ_s .

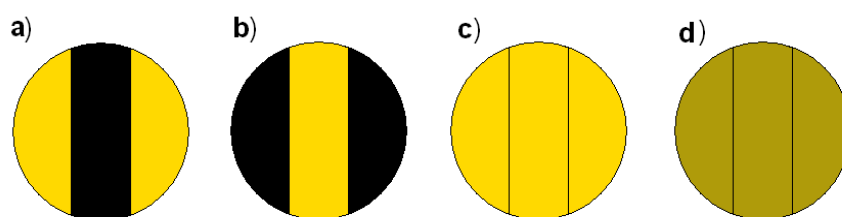
Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji badanego roztworu będzie równy:

$$\varphi = \varphi_s - \varphi_o.$$

6. Po zakończeniu pomiarów wypłukać rurkę porcelanową wodą destylowaną. Wyłączyć zasilacz.

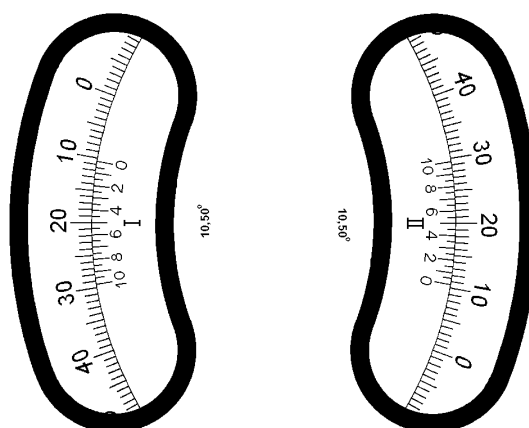


Rys. 1. Polarymetr kołowy z lampą sodową i zasilaczem.



Rys. 2. Pola widzenia w polarymetrze półcieniowym dla różnych ustawień analizatora

c) całkowite rozjaśnienie; d) całkowite zaciemnienie (wygaszenie).



Rys. 3. Odczyt kątów na skali polarymetrów. Obraz skali polarymetru z noniuszami I i II widziany przez lupki.

B. Wykonanie roztworu i oznaczenie zawartości procentowej sacharozy w roztworze.

Uwaga! Pamiętaj o dokładnym wymieszaniu sporządzanych roztworów. Niewykorzystane do pomiaru części roztworów, przelać do oddzielnych zlewek.

1. Sporządzić 100g 20% roztworu:
odważyć 20g sacharozy i bardzo starannie rozpuścić w 80g (80 ml) wody destylowanej (1 g wody destylowanej zajmuje objętość 1 ml).
2. Zmierzyć objętość sporządzonego 20% roztworu, a następnie zmierzyć jego kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji.
3. Z pozostałej części 20% roztworu, sporządzać kolejno po 100 g roztworu o stężeniu 10%; 5%; 2,5% i 1,25% (wg załączonej tabeli) i mierzyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji, powtarzając pomiar kilkakrotnie.
4. Przedstawić na wykresie zależność kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji φ od stężenia roztworu cukru c . Obliczyć skręcalność właściwą:

$$k = \frac{\Delta\varphi}{\Delta c} \cdot \frac{1}{l} \quad \text{i wyznaczyć ich stężenie.}$$

5. Przygotować roztwory o nieznanym stężeniu, mieszając w dowolnych proporcjach pozostawione w zlewkach roztwory sacharozy.
6. Zmierzyć kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji tych roztworów i obliczyć ich stężenie, korzystając ze wzoru:

$$c = \frac{\varphi}{k \cdot l}$$

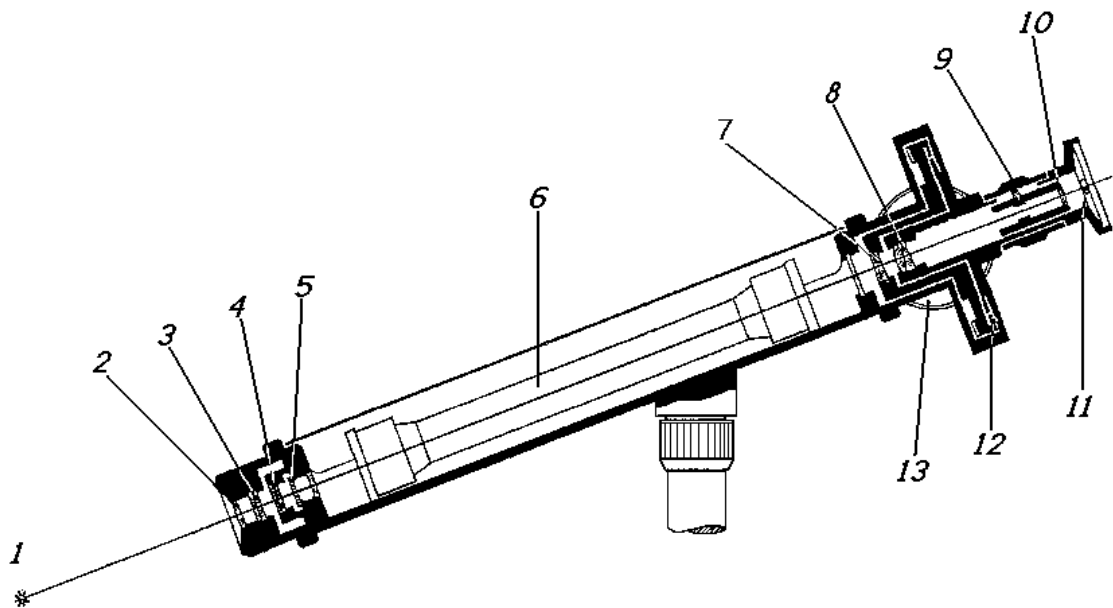
gdzie: l - grubość warstwy, przez którą przechodzi wiązka światła (długość rurki porcelanowej), k - skręcalność właściwa (10% wodnego roztworu

sacharozy wynosi $+66,5 \frac{^\circ}{dm}$).

C. Tabela – wykonanie roztworów

zgodnie z definicją roztworów procentowych wagowych	→	zamiana na objętości
100g roztworu 20%	→	~ 92 ml roztworu 20%
50g roztworu 20% + 50g H ₂ O	→	46 ml roztworu 20% + 50 ml H ₂ O
100g roztworu 10%	→	96 ml roztworu 10%
50g roztworu 10% + 50g H ₂ O	→	48 ml roztworu 10% + 50 ml H ₂ O
100g roztworu 5%	→	98 ml roztworu 5%
50g roztworu 5% + 50g H ₂ O	→	49 ml roztworu 5% + 50 ml H ₂ O
100g roztworu 2,5%	→	99 ml roztworu 2,5%
50g roztworu 2,5% + 50g H ₂ O	→	49,5 ml roztworu 2,5% + 50 ml H ₂ O
100g roztworu 1,25%	→	99,5 ml roztworu 1,25%

D. W ćwiczeniu do pomiarów zastosowano polarymetr kołowy firmy Zeiss.



Rys. 4. Budowa optycznej części polarymetru kołowego firmy Zeiss.

Promień świetlny, wychodzący ze źródła światła **1** po przejściu przez soczewkę **2** i filtr barwny **3** przenikają, jako wiązka równoległa i monochromatyczna, na filtr polaryzacyjny **4** (polaroid). Na drodze spolaryzowanej wiązki stoi płytka Laurenta **5**, która zasłaniając środek pola widzenia dzieli je na trzy części o nieco nachylonych kierunkach drgań wektora elektrycznego. W ten sposób uzyskuje się trójczęściowe pole widzenia. Badana substancja, optycznie czynna, umieszczona w rurce **6**, skręca płaszczyznę polaryzacji światła przechodzącego. Poprzez drugi filtr polaryzacyjny **7**, działający jako analizator, światło dostaje się do lunetki obserwacyjnej **8**. Analizator obracany jest za pomocą pokrętła **13**, umieszczonego na obudowie polarymetru i połączonego z odpowiednią przekładnią trybową. Ustawienie lunetki **8** na ostrość widzenia linii podziału (krawędzi płytki Laurenta) dokonujemy za pomocą karbowanej nakrętki **9**, której obracanie przesuwają okular **10** wzdłuż osi lunetki. Odczytanie kąta skręcenia analizatora umożliwiają połączone z nim koło **12** z podziałką, oraz umieszczone na obudowie noniusze. Dwie lupy, umieszczone w muszli **11** okularu, ułatwiają odczytanie podziałki.

Jeżeli wiązka światła zostanie spolaryzowana przez polaryzator (np. kryształ szpatu islandzkiego) a potem przepuszczona przez analizator (taki sam polaryzator jak pierwszy, tylko pełni w tym układzie inną rolę) to ilość światła, która przejdzie przez taki układ zależy od kąta między płaszczyznami polaryzacji polaryzatora I i polaryzatora II (analizatora). Jeśli kąt między płaszczyznami jest 0° - przechodzi całe światło, jeżeli kąt ten wynosi 90° - wiązka zostaje całkowicie wygaszona w przypadkach pośrednich ustawienia płaszczyzn efekt wygaszania jest częściowy.

W polarymetrze wiązka światła przechodząc przez dwa skrzyżowane nikole (polaryzator i analizator), ulega całkowitemu wygaszeniu. Jeśli między pryzmatami umieści się substancję optycznie czynną, która skręca płaszczyznę światła spolaryzowanego, to pole widzenia ulegnie rozjaśnieniu. W celu osiągnięcia pierwotnego zaciemnienia należy obrócić analizator dokładnie o kąt , o jaki substancja optycznie czynna skręciła płaszczyznę polaryzacji światła.

Ponieważ oko ludzkie jest mało wrażliwe na zmiany oświetlenia całego pola widzenia, a bardzo wrażliwe na, niewielkie nawet, różnice oświetlenia* poszczególnych części pola widzenia najczęściej używane są polarymetry półcieniowe: dwucieniowe (dwupolowe) lub trójcieniowe (trójpolowe), które umożliwiają porównanie natężenia światła opuszczającego polaryzator z natężeniem światła przechodzącego przez analizator.

Polarymetr jest tak wyregulowany, że jeśli w rurce polarymetru nie ma substancji optycznie czynnej i zerowa kreska podziałki kątowej pokrywa się z zerową kreską podziałki noniusza, wtedy wszystkie części pola widzenia w okularze są jednolicie szaro oświetlone (wygaszone), tak jak w pozycji „d” na rysunku, przedstawiającym rodzaje pól widzenia w polarymetrze.

* Jak wynika z prawa Webera-Fechnera, trudno jest ocenić małą zmianę jasności przy dużej jasności całego obrazu.

Zasada działania polarymetru polega na obrocie analizatora o kąt jakiemu uległa skręceniu płaszczyzna polaryzacji światła po przejściu przez roztwór substancji optycznie czynnej, którą wprowadzono pomiędzy nikole. Światło monochromatyczne odpowiadające długości fali linii D światła sodowego przechodzi przez soczewkę kolimatora i jako wiązka równoległa trafia na polaryzator. Światło spolaryzowane przechodzi przez rurkę zawierającą roztwór substancji optycznie czynnej do analizatora sprzężonego z kątomierzem z noniuszem. Dwie lupki zamontowane przy okularze ułatwiają odczyt z dokładnością do 0,05 stopnia. Pole widzenia w polarymetrze podzielone jest na trzy części, które w zależności od położenia analizatora mają różny stopień zaciemnienia. Należy tak ustawić analizator aby pole widzenia było jednolite i możliwie najciemniejsze. Kąt odczytany na kątomierzu jest zerem polarymetru. Po wstawieniu do polarymetru rurki z roztworem obraz zmienia się, ponieważ roztwór spowodował skręcenie płaszczyzny polaryzacji. Pokręcając tarczą obrotową doprowadza się pole widzenia do znów jednolitego zaciemnienia trzech części pola widzenia. Różnica między kątem odczytanym w tym położeniu, a zerem polarymetru jest równa kątowi skręcenia α . Znając ten kąt oraz k i l można obliczyć koncentrację roztworu, znając objętość roztworu - masę substancji rozpuszczonej.